四季的農業氣象—秋

◎農試所農工系　蔡金川、溙匡時、姚銘輝、蔡財旺

—秋日的天空時常萬際無雲，正是農作秋收的最佳季節—

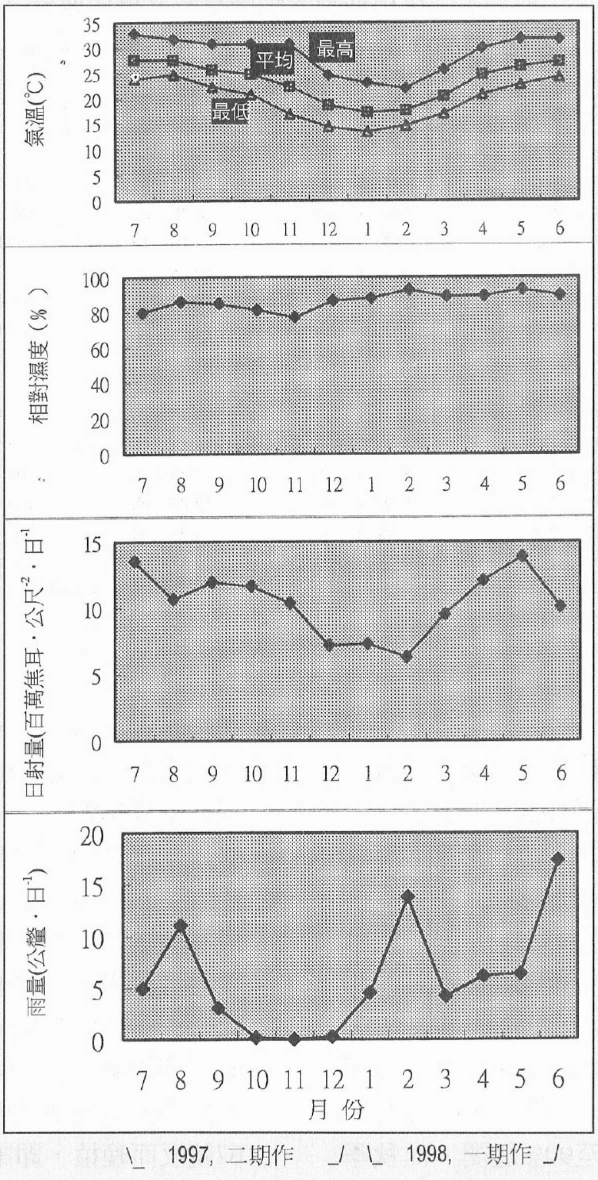
夏至過後，隨著地球在公轉軌道上位置的變化，陽光的直射點逐漸南移，到了秋分，陽光直射赤道。比起夏至來，北半球大部地區太陽高度角減小，日照時間也減少，因而所受熱量也減少，所以北半球多數地區比起夏季來說秋季溫涼。台灣為低緯近陸的山島，屬亞熱帶氣候，日曆的記載八月八日（陽曆）雖是立秋，但各地的月平均氣溫都超過28℃，為整年最高的月份。因此令人覺得夏日與秋季的分野混沌未明，秋天來臨的腳步難以察覺；時常被不肯離去的夏日尾端喧賓奪主，而以本文規劃的秋季是四季當中月份最少，只有兩個月，即十與十一月。各地平均最高氣溫／最低氣溫，台北為26.4℃／20.3℃，台中29.5℃／20.1℃，台南30.0℃／21.8℃，屏東30.3℃／21.4℃，台東28.5℃／22.0℃；平均氣溫，台北為23.0℃，台中24.0℃，台南25.2℃，屏東25.2℃，台東24.7℃。日平均日射量（$MJm^{-2}day^{-1}$），台北為9.4，台中11.4，台南12.7，屏東10.9，台東13.6。而月平均雨量方面，台北為32.0公釐，台中1.3公釐，台南零公釐，屏東16.8公釐，台東22.8公釐。

由上記各地之氣象條件可概略瞭解，秋季的氣溫（最高、最低及平均）、日射量由北往南遞增，平均氣溫台北與屏東相差2.2℃，而夏秋季氣溫之差，反而自南而北遞增，台北其差異最大有4.6℃。該地之最低氣溫降至20.3℃，雨量為各地之冠，月平均達到32公釐，則北部此期間之氣象環境而言，有陰雨冷涼之感，使人體會秋季還是存在的。而中南部，唯台中之最低氣溫（20.1℃）與台北相近，其他氣象條件與各地相似，特別是台中與台南雨量很低各為1.3公釐及零，日射量高於台北，有生活於秋高氣爽的境界。但對於一年生的草本植物而言，秋天是全力盛裝正視生命的終結，農業生產而言，是秋收的最佳季節。在此舉水稻與葉菜為例，來說明於秋季的生育與氣象環境的互動關係。

台中地區秋季的氣象條件與作物（水稻、葉菜）生產的關係

水稻與葉菜為國民之主食，即民生之必需品。又我國即將加入世界貿易組織（WTO），農作物可能遭受重大衝擊與威脅。現時水稻之栽培品種為適應性強的本土化品種，又具有國民長期嗜好性。葉菜類蔬菜不耐運輸與貯藏，即此兩作物（水稻、葉菜類蔬菜）外國的農產品不易打進國內市場，因此遭受的衝擊較小。則本研究室多年來以此兩作物進行試驗，結果曾發表於國內外學術刊物，其作物生育與生產，於四季的春夏氣象條件影響下之反應表現，亦陸續在本所技術服務季刊向各位報告過，這次則介紹台中地區秋季的氣象條件（氣溫、日射量及雨量）與水稻、葉菜生產的關係。

為要瞭解氣象條件對稻作產量及其化學組成的影響，以秈稉型各一品種台中秈10號及台農67號，於本所試驗田，在自然的環境下一、二期作各分六次移植進行試驗，即水稻品種可經六種不同生育期間的氣象環境，則能測定不同的氣象環境與稻作生產（產量、化學組成）的關係，達到瞭解氣象因子對水稻產量及其化學組成（直鏈澱粉、蛋白質及礦物質等含量）之影響程度



圖一、台中地區稻作試驗期間月平均溫濕度、日射量及雨量之變化

表一、二期作不同移植期對水稻產量及其構成要素之影響（1997）

移植期-收穫期 (月/日)	產量（公斤/公頃）		穗數/叢		穎花數/穗		充實粒百分率（%）		千粒重（克）	
台農 67 號										
7/22-11/11	4815.0	d	15.88	b	94.57	ab	83.62	abc	24.32	bc
7/28-11/19	5488.5	cd	16.38	ab	109.18	a	80.60	abc	23.27	c
8/2-11/26	5638.3	bcd	16.10	ab	109.89	a	85.35	ab	25.10	ab
8/7-12/1	5774.3	bc	16.28	ab	109.41	a	83.68	abc	24.64	bc
8/13-12/8	6812.8	a	18.90	a	99.03	ab	90.82	a	25.93	a
8/19-12/10	6426.5	ab	17.86	a	104.63	a	87.50	a	25.63	a
台中秈 10 號										
7/22-11/11	6136.5	a	17.20	ab	107.98	ab	85.71	a	25.44	a
7/28-11/19	6208.8	a	16.63	ab	112.30	a	87.47	a	25.32	a
8/2-11/26	5779.0	ab	17.45	ab	102.72	bc	81.60	bc	25.75	a
8/7-12/1	5073.8	bc	17.23	ab	106.88	ab	82.39	b	24.58	ab
8/13-12/8	5006.0	bc	16.40	ab	99.15	bc	78.89	c	24.40	ab
8/19-12/10	4709.5	c	14.87	c	110.88	a	76.15	c	23.28	cd

1.品種: 台農 67 號, 台中秈 10 號。
2.同一欄內英文字相同者表示差異不顯著（P=5%）。

。

據調查結果，由圖一所示，於台中地區自1997年二期作試驗開始，其氣象因子之變化，則由高至低之氣溫、日射量及雨量，而一期作之變化正好相反，即自低而高的變化。至於相對濕度的變化並不劇烈，兩期作的變化都在80%至90%之間。而秋季正值二期作兩品種穀粒充實期，早植即第一、二批移植之穀粒充實期（ 抽穗－糊熟）平均氣溫23.2~25.8℃ 、日射量11.9 $MJm^{-2}day^{-1}$（與夏季相差無幾約1 $MJm^{-2}day^{-1}$ ），月平均雨量2.6 公釐。秈型品種台中秈10號第一、二批移植的產量分別為6136.5 kg/ha及6208.8 kg/ ha，高於其他批移植的產量，充實粒百分率與千粒重亦高（表一），或許該品種穀粒充實期較適合於這時的氣候條件，而梗型品種台農67號反而晚植，即第五、六批移植的產量較高，各為6812.8 kg/ha 與6426.5 kg/ha，充實粒百分率及千粒重亦高，晚植的穀粒充實期的平均氣溫、日射量與雨量等氣象條件較早植的為低，分別為22.3℃，10.9 $MJm^{-2}day^{-1}$及零mm day^{-1}，似乎該品種的穀粒充實期較適合低溫、低日射量。

有關不同移植期對於兩品種之化學組成的影響，據Asaoka et al.（1985）指出，米粒中的Amylose含量，開花後5~17日之間增加，至受精後30天左右為止，即穀粒充實期為穀粒發育，其內容物（碳水化合物、蛋白質、礦物質、維生素等）增大期，受氣候環境影響頗大，Resurreccion et al.（1977）由

三年的栽培試驗結果得知，穀粒的直鏈澱粉含量與抽穗後40天之間的平均累積氣溫，呈現極顯著的負相關，而蛋白質與氣象的關係，即因高氣溫（片岡,1975）或高水溫（本庄,1971）會提高蛋白質的含量，而礦物質（磷、鎂、鉀等）的含量在穀粒充實期與氣溫呈正相關（久保,1961）。由表二得知，二期作兩品種除了台中秈10號的膠體軟硬度（get consistency）之外，其他的化學組成（Amylose, protein及Ash）大致上隨著移植期的延後其含量出現遞減的現象，穀粒充實期的氣溫，由早植第1次移植期的平均氣溫25.5℃，然後亦隨著移植期的次數之增加而遞減，似乎出現化學組成的含量與氣溫呈正相關，唯直鏈澱粉的情況與上述不符。

再者，為氣象因子與小白菜鮮重及相關生理性狀之關係。為瞭解氣象因子對小白菜鮮重產量及相關生理性狀的影響，以鳳山及本地兩品種，於1995年6月至1997年4月仍在本所農場每月進行試驗。試驗結果，由表三得知，秋季（10、11月）生育（播種至收穫）之小白菜鮮重產量（鳳山品種3447.2克／平方公尺，本地品種4677.4克／，平方公尺）高於其他季節，大部份呈顯著性差異，相關生理性狀（總乾物重、株高、葉數、葉面積）亦有較優之表現，這由於秋季之氣象

表二、二期作不同移植期對水稻收穫期穀粒化學組成之影響（1997）

移植期-收穫期 (月/日)	直鏈澱粉（%）		蛋白質（%）		灰分（%）(鉀、鎂、磷等)		膠體軟硬度（mm）	
台農 67號								
7/22-11/11	19.27	a	7.60	a	0.44	a	92.7	a
7/28-11/19	18.29	ab	7.57	a	0.43	a	91.3	ab
8/2-11/26	19.12	a	7.42	ab	0.44	a	89.3	ab
8/7-12/1	19.02	a	7.31	ab	0.44	a	86.0	abc
8/13-12/8	18.27	ab	7.08	ab	0.39	a	85.0	abc
8/19-12/10	17.14	b	7.02	b	0.38	a	83.7	c
台中秈 10 號								
7/22-11/11	17.70	a	7.86	a	0.47	b	82.0	c
7/28-11/19	16.93	ab	7.49	ab	0.44	bc	84.0	bc
8/2-11/26	16.20	ab	7.45	b	0.48	b	85.7	abc
8/7-12/1	16.13	ab	7.39	b	0.55	a	91.0	ab
8/13-12/8	15.68	b	7.35	b	0.44	bc	92.0	ab
8/19-12/10	15.50	b	7.23	b	0.41	c	93.0	a

1.品種: 台農 67號, 台中秈 10號。
2.同一欄內英文字相同者表示差異不顯著（P=5%）。

表三、不同種植期對小白菜之鮮重產量及其相關生理性狀之影響

品種	年	符號	播種期	收穫期	總鮮物重(克/平方公尺)	總乾物重(克/平方公尺)	株高(公分)	葉數(株)	葉面積(平方公分/株)
鳳山	1995	B1	6/23	7/29	1119.0 e	135.95 ab	13.19 b	4.79 ab	78.47c
		B2	9/1	9/26	2105.9 dc	132.70 ab	16.78 ab	5.05 a	146.96b
		C1	10/4	10/30	3447.2 a	168.95 a	24.54 ab	5.33 a	274.54a
		C2	11/8	12/8	3071.9 ab	145.68 ab	44.02 a	4.85 a	156.98b
	1996	A1	3/14	4/5	3016.3 ab	102.70 bc	22.45 ab	4.15 b	138.95bc
		B3	7/11	7/30	1469.9 de	87.85 c	15.85 ab	4.83 a	105.65bc
		B4	9/13	10/15	2154.5 dc	127.40 abc	21.48 ab	4.88 a	152.53b
		C3	10/23	11/23	2689.7 bc	135.87 ab	23.23 ab	5.50 a	311.34a
	1997	A2	4/12	5/13	1695.8 de	114.05 bc	19.83 ab	4.87 a	139.47bc
本地	1995	B1	6/23	7/29	865.3 e	125.67 bc	10.67 f	4.13 de	53.02d
		B2	9/1	9/26	2522.9 bc	159.35 ab	17.90 d	4.63 cd	115.48cd
		C1	10/4	10/30	4322.9 a	180.62 a	26.65 a	5.65 a	408.67a
		C2	11/8	12/8	4677.4 a	184.85 a	21.91 bc	5.39 ab	246.75b
	1996	A1	3/14	4/5	3127.5 b	101.20 cd	24.04 ab	3.71 e	115.25cd
		B3	7/11	7/30	1327.5 de	71.30 d	14.05 e	4.38 de	82.16cd
		B4	9/13	10/15	1946.0 cd	130.82 bc	19.08 dc	4.75 bcd	153.84c
		C3	10/23	11/23	2251.8 bcd	113.55 bcd	21.88 bc	5.23 abc	318.05b
	1997	A2	4/12	5/13	1807.0 cde	123.20 bc	17.08 d	4.43 de	154.89c

1.A（春：A1,A2）、B（夏：B1,B2,B3,B4）及 C（秋：C1,C2,C3）代表不同之生育季節。

2.同一欄內英文字相同者表示差異不顯著（P=5%）。

條件（氣溫、日射量、風速等）較適於小白菜生長。李（1979）於中國溫暖氣候的江南進行綠葉蔬菜試驗，得知蔬菜生長的適宜溫度在20~25℃，過高的溫度40℃以上時，則生長幾乎停止，而當溫度在10~15℃以下時，生育不良。兩年（1995年、1996年）秋季的氣象條件除了月平均最高氣溫（26.8 ~ 31.1℃）超過適溫25℃之外，其他氣溫（最低15.3 ~21.6℃，平均20.0~25.1℃）大致涵蓋在適溫（ 20 ~ 25℃）的範圍內，而日射量（9.1~12.3$MJm^{-2}day^{-1}$）亦高，僅次於夏季（11.1 ~14.8$MJm^{-2}day^{-1}$），唯雨量秋季於四季當中最少，近於零的乾旱季節，但農試所有完善的灌溉設備，則無缺水之慮，至少無雨害發生。另外風速亦是構成秋季高產的原因，秋季生育期之風速1.9~2.2ms^{-1} ，較他季風速為低，據矢吹（1992）的試驗結果 ，發現生育在風速超過2 ms^{-1}，小黃瓜的光合成速度會出現減低的趨勢，其他季節生育期的風速大於秋季且超過2 ms^{-1}，可能因此不利於光合成而鮮重產量低於秋季生育的小白菜。則秋季不但無水害，亦無風害，在在說明秋季的氣象因子，為四季當中最適合於栽植小白菜並有利於蔬菜生產。

結　語

季節的循環轉換是為天理，亦是萬物心境的轉換，如上述秋天為四季當中降水量最低，近於零。降水為水分循環過程（蒸發、凝結、降水及逕流）的一環。即可瞭解降水之前，需要凝結的產物雲，

既然秋季降水量低，則雲彩亦會少，又風速（1.9 ~ 2.2ms^{-1}）低於他季。的確是秋高氣爽清風和涼的佳節。對於穀粒作物的水稻而言，秋天正是穀粒充實期葉片等供源（source）與穀粒積儲（sink）器官關係最為密切累積乾物質亦最為重要的時期，即決定產量多寡的關鍵期。但受氣候環境（溫度、日照等）的影響頗深。蔡（1976）亦在水稻生育各期溫度及遮光的試驗裡得到證實。又蔡（1998）在稻作生產(產量、化學組成)與氣象因子關係之研究得知，二期作水稻品種台農67號及台中秈10號穀粒充實期之平均氣溫（X2）、平均日射量（X5）與產量（Y1）關係密切。其關係式分別為Y1= 19017 . 63-552.42**X2及Y2= 40.47 +470.85**X5，該生育期間之氣象因子與兩品種之直鏈澱粉含量亦呈現高的相關。這些關係式可測試研發使其模式化實用化，達到預警預測為目的。

在露地整年的小白菜栽培試驗，有如上述因秋季的氣候環境適於小白菜的生產。產量為四季之冠。總而言之！秋季風和日麗，至少無風水害，秋季之農業氣象試驗研究則著重於氣象資源之有效充分利用，以達到提升農業生產之量與質。

圖二、秋季水稻穀粒充實期之生育狀況及氣象自動觀測儀

圖三、秋季露地栽培之小白菜生育狀況